

10.608.111
11.12.2003
DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011517435 **Image available**

WPI Acc No: 1997-493921/ 199746

Related WPI Acc No: 1997-338376; 1997-493912; 1997-516905; 1997-539621;
1997-539622; 1998-048124; 1998-067167

XRAM Acc No: C97-157489

XRPX Acc No: N97-411085

Laser beam scanner with high durability - has beam-reflecting mirror with magnet connected between two tapered torsion springs secured to scanner frame

Patent Assignee: BROTHER KOGYO KK (BRER)

Inventor: ASANO T; BESSHO Y; KOBAYASHI Y

Number of Countries: 002 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 9230275	A	19970905	JP 9631922	A	19960220	199746 B
US 5982521	A	19991109	US 96751077	A	19961115	199954

Priority Applications (No Type Date): JP 9631922 A 19960220; JP 95296788 A 19951115; JP 9622618 A 19960208; JP 9622620 A 19960208; JP 9641361 A 19960228; JP 9646134 A 19960304; JP 96114581 A 19960509; JP 96118796 A 19960514

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 9230275	A		9	G02B-026/10	
US 5982521	A			G02B-026/08	

Abstract (Basic): JP 9230275 A

A beam-reflecting mirror with a magnet is connected between two tapered torsion springs secured to the scanner frame.

USE - Used for laser devices.

ADVANTAGE - The scanner has high durability.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-230275

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 26/10	1 0 4		G 0 2 B 26/10	1 0 4
C 2 2 C 19/03			C 2 2 C 19/03	C

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-31922

(22) 出願日 平成8年(1996)2月20日

(71) 出願人 000005267

ブラザー工業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号

(72) 発明者 別所 芳則

名古屋市瑞穂区苗代町15番1号ブラザー工業株式会社内

(72) 発明者 小林 靖功

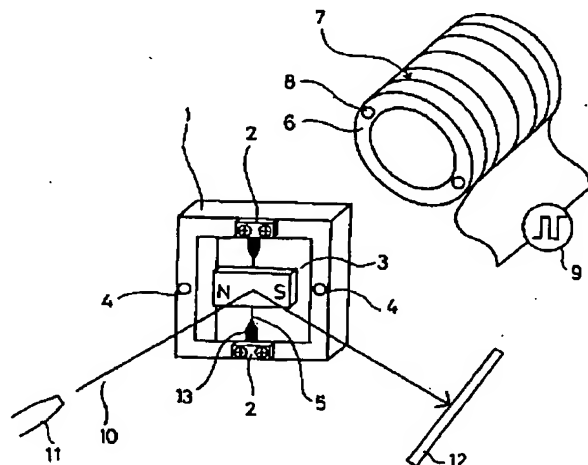
名古屋市瑞穂区苗代町15番1号ブラザー工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 光走査装置

(57) 【要約】

【課題】 ハウジングに固定した部分でのトーションバネの断線を防止し、耐久性に優れ、かつ小型軽量化された安価な光走査装置を提供する。

【解決手段】 トーションバネ5は、引っ張られた状態で、固定治具2によってハウジング1に取り付けられ、その中央付近には、磁石付きミラー3が固定されている。トーションバネ5がハウジング1に固定されたハウジング固定部13は、無電解メッキ法により、磁石付きミラー3が固定された中央部よりも太くなっている。また、トーションバネ5は、中央部分からハウジング固定部13に近づくにつれて、しだいに線径が太くなり、いわゆるテーパ状にメッキ皮膜が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザー光線を出射する光源と、ハウジングに張設されたトーションバネと、そのトーションバネを軸線としてそのトーションバネに揺動可能に支持され前記レーザー光線を反射させる磁石付きミラーと、前記磁石付きミラーを振動させるために交番磁界を発生するコイルとからなる光走査装置において、前記トーションバネは、前記磁石付きミラーを支持している支持部分に対して、前記ハウジングに固定した固定部分の線径を太く設定したことを特徴とする光走査装置。

【請求項2】 前記トーションバネは、前記支持部分から前記固定部分に近づくにつれて、線径がしだいに太くなるように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光走査装置。

【請求項3】 前記トーションバネの線径を太くするために、無電解メッキ法を用いたことを特徴とする請求項1または2に記載の光走査装置。

【請求項4】 前記トーションバネは、超弾性合金からなることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光走査装置。

【請求項5】 前記トーションバネは、室温以下で相変態を生じるNi-Ti系又はCu-Zn系の超弾性合金からなることを特徴とする請求項4に記載の光走査装置。

【請求項6】 前記トーションバネは、オーステナイト相を維持する張力が与えられて前記ハウジングに張設されていることを特徴とする請求項4に記載の光走査装置。

【請求項7】 前記トーションバネは、その応力-歪率曲線の勾配がゼロになる張力、即ち、応力誘起マルテンサイト変態を引き起こす張力が与えられて前記ハウジングに張設されていることを特徴とする請求項4に記載の光走査装置。

【請求項8】 前記コイルは、前記ハウジングに対して着脱可能であり、かつ前記磁石付きミラーの周囲に任意配置されることを特徴とする請求項1に記載の光走査装置。

【請求項9】 前記コイルには、交番磁界を発生するための矩形波電流が供給されることを特徴とする請求項1または8に記載の光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザープリンタ、バーコードリーダー、レーザースキャンマイクロメーター等の事務機器や、計測機等に使用される光走査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、磁石付きミラーと交流磁場を発生させるためのコイルを備えた光走査装置としては、特開

平5-249402号公報、特開平5-264917号公報に記載されたものがある。また、疲労限が高い超弾性合金ワイヤを用いた光走査装置として、本出願人は、特願平7-296788号において、図11に示す構成を有するものを提案している。

【0003】図11に示す光走査装置は、光を反射させるために表面が鏡面加工されている磁石付きミラー53が、超弾性合金の一種であるNi-Ti合金からなるトーションバネ55に接着固定されている。さらに、そのトーションバネ55は、超弾性を示す所定の張力で引っ張られた状態で、固定治具52によってハウジング51に取り付けられた構成となっている。

【0004】コア56にはコイル57が巻き付けてあり、コイル57は、コア56に設けられたネジ孔58及び、ハウジング51に設けられた孔54を通して、図示しないネジによって固定されている。59は、パルス電流発生器である。パルス電流発生器59とコイル57とは、周囲に磁界を発生させ、磁石付きミラー53を振動させる。そして、光源61から出射されたレーザー光線60は、鏡面加工された磁石付きミラー53によって反射され、磁石付きミラー53が共振することにより被走査面62に走査される。

【0005】トーションバネに採用したNi-Ti合金は、いわゆる形状記憶合金の一種であり、応力及び温度で様々な状態をとる。マルテンサイト変態開始温度、逆変態開始温度、終了温度、及びトーションバネにかかる張力を様々に設定することにより、安定した共振周波数でより大きい走査角を走査することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来例は、トーションバネとして採用した超弾性合金の疲労限が高く耐久性に優れているものの、固定治具52により締め付けられているトーションバネをハウジングに固定した固定部分に応力が集中し、トーションバネが断線する場合がたびたび発生していた。

【0007】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、ハウジングに固定した部分の線径を大きくし、固定部分でのトーションバネの断線を防止し、ひいては、耐久性に優れ、かつ小型軽量化された安価な光走査装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明の請求項1に記載の光走査装置は、レーザー光線を出射する光源と、ハウジングに張設されたトーションバネと、そのトーションバネを軸線としてそのトーションバネに揺動可能に支持され前記レーザー光線を反射させる磁石付きミラーと、前記磁石付きミラーを振動させるために交番磁界を発生するコイルとから構成されていて、前記トーションバネの前記磁石付きミラーを支持している支持部分に対して前記ハウジングに固定した

固定部分の線径を太く設定したものである。

【0009】これによれば、前記コイルに交番電流を流すとコイル周辺には交番電流に応じた交番磁界が発生する。この交番磁界は、トーションバネに固定された磁石付きミラーにトルクを与え、トーションバネにはねじり応力が発生する。つまり、磁石付きミラーは交番磁界によりトルクを、またトーションバネにより復元力をうけるので、前記コイルに周期的な交番電流を流した場合、前記磁石付きミラーを振動させることができる。特に、トーションバネ及び磁石付きミラーからなる振動系の機械的固有振動数と、前記交番電流の周波数とが一致した場合には共振が起こり、振幅を最大にできる。このような構成にすれば、入射するレーザー光線の走査角度を大きくすることができる。また、トーションバネのハウジングへの固定部分の線径を太くしているため、駆動時における固定部分への応力集中が極力低く抑えられ、長寿命の光走査装置を提供できる。

【0010】また、請求項2に記載の光走査装置は、前記トーションバネが、前記支持部分から前記固定部分に近づくにつれて、線径がしだいに太くなるように構成されている。このため、駆動時に前記固定部分近傍にかかる応力集中がさらに緩和され、極めて耐久性に優れた光走査装置を提供できる。

【0011】さらに、請求項3に記載の光走査装置は、トーションバネの線径を太くするために、無電解メッキ法を用いている。従って、簡便で安価な方法で耐久性に優れた光走査装置を提供できる。

【0012】また、請求項4に記載の光走査装置は、前記トーションバネに超弾性合金を採用している。超弾性合金は、疲労限が高いので、さらに耐久性に優れた光走査装置を提供できる。

【0013】さらに、請求項5に記載の光走査装置は、トーションバネが室温以下で相変態を生じるNi-Ti系あるいはCu-Zn系からなる超弾性合金からなっている。これらの合金は特に疲労限が高く、また、室温以下で相変態を起こすように設定されているため、比較的小さい張力でオーステナイト相及びマルテンサイト相を選択でき、かつ、両相における前記トーションバネの弾性係数が、室温の温度変化に対して、ほとんど影響を受けない。従って、室温の変化に対して安定した共振振動数で光走査することができる。

【0014】また、請求項6に記載の光走査装置は、前記トーションバネが、オーステナイト相を維持し得る張力で前記ハウジングに張設されている。このため、室温の変化にも大きく左右されず、安定した周波数で光を走査することができる。

【0015】さらに、請求項7に記載の光走査装置は、前記トーションバネが、その応力-歪率曲線の勾配がゼロになる張力、即ち、応力誘起マルテンサイト変態を引き起こす張力を与えられて前記ハウジングに張設されて

いる。従って、トーションバネは、応力誘起マルテンサイト相が発生した状態で固定され、通常のオーステナイト相より弾性率が低く、かつ、室温が変化してもその弾性率はほぼ一定に保たれる。このため、同じ大きさの交番磁界でも、より大きい振れ角が得られ、安定した共振周波数でより大きい走査角で走査することができる。

【0016】また、請求項8に記載の光走査装置は、前記コイルが前記ハウジングに対して着脱可能で、かつ前記磁石付きミラーの周囲に任意配置されるように構成されている。このような構成にすれば、限られた空間内でも自由に配置でき、外部に置かれたコイルからの交番磁界は、前記磁石付きミラー及び前記トーションバネからなる系に対して、空間の制限を受けずに所望の共振周波数で共振振動を起こさせ、光を走査することができる。

【0017】さらに、請求項9に記載の光走査装置は、前記コイルに流す電流波形を矩形波形としている。このような駆動波形を用いれば、トーションバネの弾性復元力が最大になるまで磁石付きミラーにトルクを与えることができるので、走査幅を最大にすることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0019】図1は、本実施形態の光走査装置の構造を示すものである。トーションバネ5は、図3に示す張力（矢印aあるいはbで指示）で引っ張られた状態で、固定治具2によってハウジング1に取り付けられている。そして、トーションバネ5の中央付近には、磁石付きミラー3が、図示しない接着剤にて固定されている。磁石付きミラー3は、厚さ0.3mm、縦3mm、横6mmのNi-Co（ニッケルコバルト）またはSm-Co（サマリウムコバルト）からなる。トーションバネ5は、超弾性合金（例えばNi-Ti合金）からなり、中央部の線径は約140μm、長さが約10mmである。そして、そのトーションバネ5がハウジング1に固定された部分は、無電解メッキ法等により、磁石付きミラー3が固定された中央部よりも太くなっている。このハウジングとの固定部分が、ハウジング固定部13である。

【0020】一方、コア6には、コイル7が、例えば約300ターン巻きつけられている。コイル7は、コア6に設けられたネジ孔8及びハウジング1に設けられた孔4を通して、図示しないネジによってハウジング1に固定されている。そして、このコイル7の巻き線の両端には、パルス電流発生器9が接続されており、パルス電流発生器9により、例えば3Vで100mA程度の電流をコイルに流すと、交番磁界が発生し、磁石付きミラー3が振動する。光源11より発射されたレーザー光線10は、磁石付きミラー3によって反射され、磁石付きミラー3が共振することにより被走査面12に走査される。

【0021】トーションバネ5のハウジング固定部13は、無電解メッキ法で形成するのが最も安価でかつ簡単

である。無電解メッキ皮膜は、トーションバネ5の材質によって様々に選択可能であるが、Ni-Ti合金の場合、Niメッキを行うのが望ましい。その方法の一例を図8及び図9で説明する。

【0022】まず、メッキを行う超弾性合金81の両端部を、アルカリ脱脂、酸活性化処理等の前処理を施した後、図8に示すように、超弾性合金81を保持具83に固定し、メッキ必要部分をメッキ液82に浸漬する。メッキ液は、一般的な無電解Niメッキ液(Ni-P、Ni-B等)でよい。無電解Ni-Pメッキの場合、浴組成にもよるが、一般に浴温85～95℃、pH4.5程度で、15～20 $\mu\text{m/hr}$ のメッキ速度で皮膜形成される。

【0023】図8では、一端ずつハウジング固定部13を形成する方法を図示しているが、例えば、超弾性合金81を中央部から2つ折りにして両端を同時にメッキすることも可能である。

【0024】超弾性合金81を所定時間メッキ液中に浸漬することにより、図9に示すように、所望の線径のハウジング固定部13を有するトーションバネ5を形成させることができる。超弾性合金81の線径或使用条件にもよるが、約 $\phi 50\mu\text{m}$ ～1mm程度の範囲で、必要とするハウジング固定部13の線径を選択できる。

【0025】メッキされない超弾性合金81の中央部分とハウジング固定部13との境界は、通常の方法では段差が生ずるため、メッキ中に超弾性合金81を連続的に少しずつ上昇させ、徐々に浴外に出してやることにより、中央部分からハウジング固定部13に近づくにつれて、しだいに線径を太くすることができ、いわゆるテーパー状にメッキ皮膜が形成される。そのためには、図8において、保持具83を連続的に上下に移動可能に構成すればよい。このように、テーパー状に形成することにより、駆動時の応力集中をさらに緩和することができ、ひいてはトーションバネ5の断線防止に有効に作用する。

【0026】なお、ハウジング固定部13の長さは、この方法では精密に所定長さを得ることは難しいため、あらかじめ少し長めにメッキ部分を作製しておき、後で所定の長さに切断する方がよい。

【0027】さらに、無電解Ni-P皮膜は、熱処理により硬化する特性を有するため、特にハウジング固定部13を高硬度に設定したい場合には、メッキ部分を約300℃で1時間ほど熱処理すれば、ビッカース硬度900～1000程度の高硬度のハウジング固定部13が得られる。但し、熱処理により超弾性合金の形状記憶効果に変化する可能性があるため、できる限り局部加熱による熱処理を実施することが望ましい。

【0028】前記実施形態では、ハウジング固定部13の形成のために、無電解メッキを用いる方法を記述したが、この他にも、例えば、セラミックや金属溶射法、樹脂コーティング法等、様々な方法が考えられる。

【0029】次に、トーションバネ5の材料に採用した超弾性合金について説明する。ここで採用したNi-Ti合金等の超弾性合金は、いわゆる形状記憶合金の一種であり、応力及び温度によって様々な状態をとる。請求項6に記載された光走査装置は、トーションバネ5が図3における矢印aの張力で固定された場合で、請求項7に記載された光走査装置は、矢印bの張力で固定された場合である。いずれの場合も、相変態のメカニズムに関わっているため、形状記憶合金の相変態を中心に説明する。

【0030】形状記憶合金は、図2に示す逆変態開始温度 A_s 点及び逆変態終了温度 A_f 点を境に、形状記憶領域と超弾性領域に分かれる。逆変態開始温度 A_s 以下で使用する場合は、いわゆる形状記憶効果を示し、逆変態終了温度 A_f 点以上の温度で使用する場合は、超弾性効果を示すものである。変態温度とは、合金のオーステナイト相(図4(b)の(1)の状態、及び図2の γ の状態)からマルテンサイト相(図4(b)の(2)、(3)の状態及び図2の α 、 β の状態)へ変化する際の温度のことで、逆変態温度とは逆にマルテンサイト相からオーステナイト相へ変化する際の温度である。形状記憶合金におけるマルテンサイト変態は、図2及び図4に示すように、温度でも応力でも起こりうるものである。本実施形態では、特に応力で引き起こされる応力誘起変態を利用している。

【0031】通常の金属材料と超弾性合金とのせん断応力負荷時の変形における差異を、図4の模式図に従って説明する。通常の金属材料では、せん断応力が限界以上にかかった場合、図4の(a)に示すように、原子が隣接にすべり、せん断歪みが発生する。この歪みは、外力を除去しても、エネルギー的に安定なため、もとに戻ることはない。つまり、繰り返しの応力によって、この歪みは蓄積され、最後には一般に金属疲労と呼ばれる破壊に至るのである。一方、超弾性合金の場合は、図4の(b)に示すように、外力によって相変態が起こり、応力誘起マルテンサイト相、すなわち超弾性領域へと移行する。この際、結晶構造は変形するが、通常金属の原子のように隣接にすべることではない。また、外力が除去された場合、逆変態温度以上のマルテンサイト相(図2の β)はエネルギー的に不安定なため、再びオーステナイト相(図2の γ)に戻ろうとする。従って、通常金属が破壊にいたる程度の繰り返しの応力が加わっても、超弾性合金の場合は、結晶構造が変わる相変化を起こすだけで破壊に至ることではない。

【0032】本発明は、超弾性合金のこのような性質を巧みに利用したものである。つまり、請求項6の光走査装置では、トーションバネ5にはほぼオーステナイト相にとどまる張力を与え、その状態で繰り返しのトーションを与えている。つまり、図4の(b)の(1)、(2)を繰り返して往復させているのである。

【0033】さらに、請求項7の光走査装置では、トーシヨンバネ5に、より大きい引っ張り張力を与え、完全にマルテンサイト相（超弾性領域）へと応力誘起変態を起こさせ、その状態で固定し繰返しトーシヨンを与えている。つまり、図4の（b）の（2）、（3）を繰返し往復させているのである。この場合、マルテンサイト相での弾性率は、オーステナイト相での弾性率より小さいため（図6）、磁石付きミラーは同じ交番磁界でもより大きく振れるのである。

【0034】また、超弾性合金の逆変態温度は、図5に示すように、例えばNi-Tiの場合、Ni濃度や不純物の混入で自由に設計できる。例えば、Ni濃度を50.6%程度にすると、逆変態温度がほぼ0℃の超弾性合金ができる。また、不純物としてCoを微量量混入しても、逆変態温度がほぼ0℃の超弾性合金ができる。つまり、逆変態終了温度Af点を0℃に設定し、室温で所定の張力を与えれば、比較的簡単に超弾性領域に入り、図2の両矢印で示すように多少の室温の変化があってもその領域からはずれることはない。

【0035】さらに、超弾性領域の温度変化における弾性率の安定性を示すため、図6にこの合金の弾性率と温度の関係を示す。（a）は無負荷時つまり張力0の時の弾性率と温度の関係、（b）は所定の張力が負荷された場合の弾性率と温度の関係である。変態点では、弾性率は急激に変化するが、マルテンサイト相、及びオーステ

ナイト相の中では、安定したほぼ一定値をとる。つまり、超弾性領域で繰返しトーシヨンがかかった場合でも、その時の弾性率が周囲（主として室温）の温度変化に対して安定なため、その共振周波数の安定性も保証されるのである。

【0036】次に、上記の構成の光走査装置の動作について、説明する。

【0037】コイル7に、パルス電流発生器9によりパルス電流を流すと、コイル7の前方及び後方には、図7の（a）及び（b）に示すように、いわゆる交番磁界ができる。そして中心がトーシヨンバネ5に固定され、かつ前記コイル7の前方に設置されている磁石付きミラー3は、交番磁界により $MH \cos \theta$ のトルクを受ける（Mは磁石付きミラー3の磁気モーメント、Hは磁界の強さ、 θ はふれ角。）。また、ねじれ角 θ の場合トーシヨンバネ5による復元力 $k \theta$ も同時に受ける。さらに、磁石付きミラー3が高速に振動する場合、空気との摩擦抵抗及びトーシヨンバネ内部の摩擦抵抗等によって、 $d \theta / dt$ に比例した減衰力も受けることになる。そして前記トルクが周期的（角振動数 ω ）に加わると、前記磁石付きミラー3は、ねじり振動をはじめる。この振動系を方程式で表すと以下に示す数式1になる。

【0038】

【数1】

$$I \cdot d^2 \theta / dt^2 + C \cdot d \theta / dt + k \cdot \theta = M \cdot H \cdot \cos \omega t \cdots (1)$$

θ : ねじれ角

I : 磁石付きミラーの慣性モーメント

C : 減衰係数

k : バネ定数

M : 磁気モーメント

H : 磁界の強さ

ω : 交番電流または交番磁界の周波数

t : 時間

【0039】これは、減衰振動系に強制力が加わった場合の方程式で、その一般解は以下のような数式2で表される。

【0040】

【数2】

$$\theta = MH / I [(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\mu^2\omega^2]^{-1/2} \cdot \cos(\omega t - \alpha) \quad \dots\dots(2-1)$$

$$\tan \alpha = 2\mu\omega / \omega_0^2 - \omega^2 \quad \dots\dots(2-2)$$

$$\mu = C / 2I \quad \dots\dots(2-3)$$

I : 磁石付きミラーの慣性モーメント

M : 磁気モーメント

H : 磁界の強さ

C : 減衰係数

ω_0 : 振動系の固有振動数

α : 位相遅れ角

ω : 交番電流または交番磁界の周波数

t : 時間

【0041】すなわち、電流の周波数 ω と、磁石付きミラー及びトーションバネからなる機械系の固有振動数 ω_0 とが一致した場合に、いわゆる共振状態となり、最大のふれ角になる。本実施形態の場合、コイルにかかる電圧が3V、コイル電流が約100mAで、約800Hzで共振し、そのふれ角は約50度、すなわち走査角約100度でレーザー光を走査するのである。

【0042】前記実施形態は、光走査装置を実現した一例であり、当業者は本発明の趣旨を逸脱しない限り、様々な変形を行うことができる。

【0043】例えば、前記実施形態では超弾性合金であるNi-Ti合金を用いて実現したが、Ag-Cd、Au-Cd、Cu-Sn、Cu-Al-Ni、Ni-Al、Fe-Pt等、応力誘起相変態を起こす超弾性合金ならば、いずれを採用してもよい。

【0044】また、本実施形態では、走査角100度、走査周波数800Hzを例にとって説明したが、前記合金からなるトーションバネの線径 ϕ や磁石付きミラーの質量 m を変えることによって、さまざまな周波数の光走査装置をつくることができる。例えば、400Hzの光走査装置を製作する場合、周波数 f は $(k/m)^{1/2}$ に比例し、バネ定数 k は ϕ^4 に比例することから、 ϕ の2乗が周波数に比例することになる。 $\phi = 140\mu\text{m}$ で共振周波数800Hzであったことから、おおよそ $\phi = 100\mu\text{m}$ のトーションバネを上と同様な条件で用いれば、おおよそ400Hzの光走査装置を製作することができる。

【0045】さらに、数式2の係数 MH/I から分かるように、いろいろな強さ(M)の磁石付きミラーを用いることで、あるいはさまざまな振幅の磁界($H = ni$, n :コイル巻線数、 i :電流)すなわち電流 i を与えることで、対象となる電気製品、電子機器に応じて所望の走査角を持つ光走査装置もつくることができる。

【0046】また、本実施形態では、便宜上、コイル7の前にトーションバネ5及び磁石付きミラー3を配置したが、コイル7の周辺で、交番磁界が磁石付きミラー3の磁気モーメントMに略直角方向に発生する箇所ならどこに配置してもよい。

【0047】さらに、本実施形態では、トーションバネ5及び磁石付きミラー3が固定されたハウジング1は、コイル7とネジ止め固定されているが、これを着脱分離可能に配置してもよい。その結果、例えば図10に示すように、コイル7、磁石付きミラー3、光源11、被走査面12等を配置することも可能である。さらに、コイル7と磁石付きミラー3との距離を可変とすることにより、交番磁界の大きさが可変となり、その結果、走査角も可変とすることができる。

【0048】また、本実施形態では、コイル7に流す電流波形を矩形波とした。矩形波にすると、トーションバネ5の復元力が最大になるまで磁石付きミラー3にトルクを与えることができるので、他の電流波形に比べて走査幅を最大にすることができる。さらに、最も低い電流値で走査幅を最大にすることができるため、エネルギー効率が最も良好である。しかしながら、走査幅に余裕が

あれば、SIN波、三角波等の周期波形でも十分走査可能である。

【0049】また、本実施形態では、コイル7に流す電流を最小限に止めるため、共振現象を利用して本光走査装置を構成したが、電力に余裕があるならば共振点をはずして光走査装置を駆動しても機能上問題はない。

【0050】

【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本発明の請求項1に記載の光走査装置によれば、ハウジングに張設されたトーションバネの磁石付きミラーを支持している支持部分に対して、ハウジングに固定した固定部分の線径を太く設定したので、コイルに流した交番電流に応じた交番磁界が磁石付きミラーに与えるトルクにより、トーションバネにねじり応力が発生し、磁石付きミラーを周期的な交番電流によって振動させ、大きな走査角度を得ると共に、駆動時におけるハウジング固定部への応力集中を極力低く抑えることができ、長期間にわたっての光を走査できる。

【0051】また、請求項2に記載の光走査装置によれば、トーションバネの線径を、磁石付ミラーの支持部分からハウジングへの固定部分に近づくにつれて、しだいに太くなるようにしたので、駆動時にかかる応力集中がさらに緩和され、耐久性が向上する。

【0052】さらに、請求項3に記載の光走査装置によれば、トーションバネ線径を太くするために、無電解メッキ法を用いたので、きわめて容易にかつ安価に耐久性に優れた光走査装置を製作できる。

【0053】また、請求項4に記載の光走査装置によれば、トーションバネに疲労限が高い超弾性合金を採用したので、さらに耐久性に優れた光走査装置を提供できる。

【0054】さらに、請求項5に記載の光走査装置によれば、トーションバネに特に疲労限の高いNi-Ti系あるいはCu-Zn系の超弾性合金を採用し、室温以下で相変態を起こすように設定したので、比較的小さい張力でオーステナイト相及びマルテンサイト相を選択でき、かつ、両相における前記トーションバネの弾性係数が室温の温度変化に対して、ほとんど影響を受けないため、室温の変化に対して安定した共振振動数で光走査することができる。

【0055】また、請求項6に記載の光走査装置によれば、トーションバネを、オーステナイト相を維持し得る張力でハウジングに固定したので、室温の変化にも大きく左右されず、安定した周波数で光を走査することができる。

【0056】また、請求項7に記載の光走査装置によれば、前記トーションバネを、応力歪率曲線の勾配がゼロになる張力、即ち、応力誘起マルテンサイト変態を引き起こす張力で固定したので、応力誘起マルテンサイト相が発生した状態で固定され、通常のオーステナイト相

より弾性率が低く、室温が変化してもその弾性率はほぼ一定に保たれるため、同じ大きさの交番磁界でも、より大きいふれ角が得られ、安定した共振周波数でより大きい走査角で走査することができる。

【0057】また、請求項8に記載の光走査装置によれば、前記コイルが前記ハウジングに対して着脱可能で、かつ、前記磁石付きミラーの周囲に任意配置されるようにしたので、限られた空間内でも自由に配置でき、外部に置かれたコイルからの交番磁界は、前記磁石付きミラー及び前記トーションバネからなる系に対して、空間の制限を受けずに所望の共振周波数で共振振動を起こさせ、光を走査することができる。

【0058】さらに、請求項9に記載の光走査装置によれば、コイルに流す電流波形を矩形波形としたので、トーションバネの弾性復元力が最大になるまで磁石付きミラーにトルクを与えることができ、走査幅を最大にすることができる。さらに、低電流で走査幅を最大にできるため、エネルギー効率が最もよい光走査装置が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態の光走査装置の構成を示す斜視図である。

【図2】本実施形態に用いた超弾性合金の温度及び応力に対する相変態を表す図である。

【図3】本実施形態に用いた超弾性合金の応力-歪み特性を表す図である。

【図4】本実施形態に用いた超弾性合金の相変態によるせん断歪みと、一般金属のせん断歪みを表す模式図である。

【図5】本実施形態に用いた超弾性合金の変態点とNi濃度との関係を表す図である。

【図6】本実施形態に用いた超弾性合金の弾性係数の温度特性を表す図である。

【図7】本実施形態に用いた磁石付きミラーが交番磁界からトルクを受ける模式図である。

【図8】ハウジング固定部を無電解メッキ法で形成する方法を示す図である。

【図9】ハウジング固定部が形成されたトーションバネを示す図である。

【図10】本発明の光走査装置の他の実施形態を示す斜視図である。

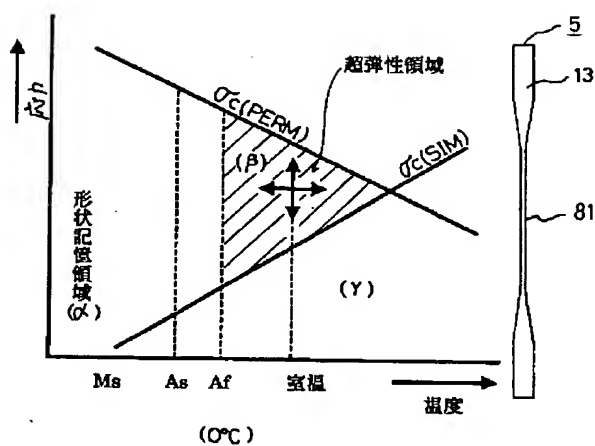
【図11】超弾性合金からなるトーションバネと磁石付きミラーを使用した従来の光走査装置の例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 ハウジング
- 3 磁石付きミラー
- 5 トーションバネ
- 7 コイル
- 10 レーザー光線

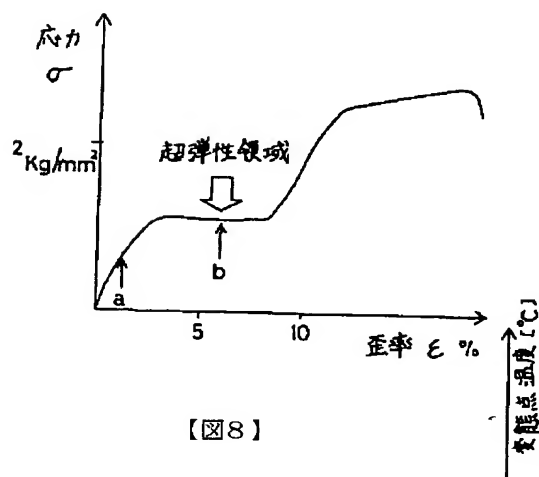
81 超弹性合金

【図9】

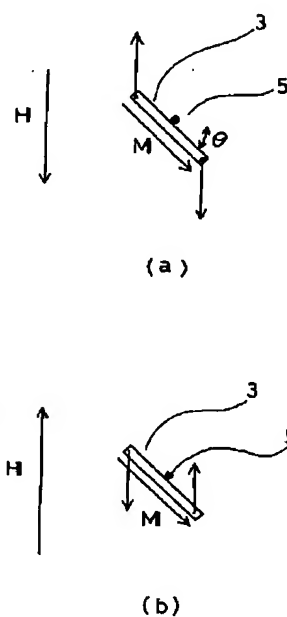
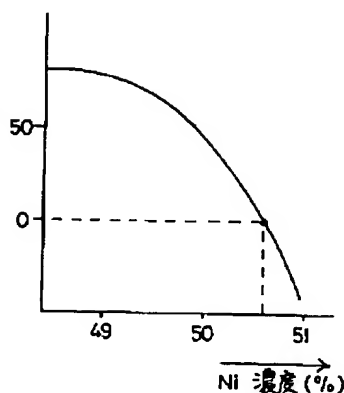
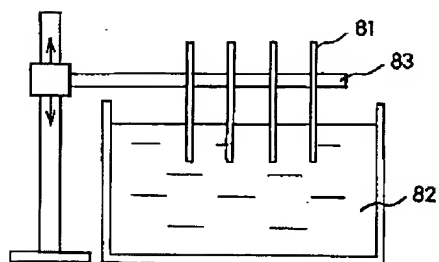


Ma: マルテンサイト変態開始温度
As: 逆変態開始温度
Af: 逆変態終了温度
 $\sigma_c(\text{PERM})$: 永久変形臨界応力
 $\sigma_c(\text{SIM})$: 応力誘起変態臨界応力
 α : マルテンサイト相
 β : 応力誘起マルテンサイト相
 γ : 母相(オーステナイト相)
 \uparrow : 共振振動駆動領域

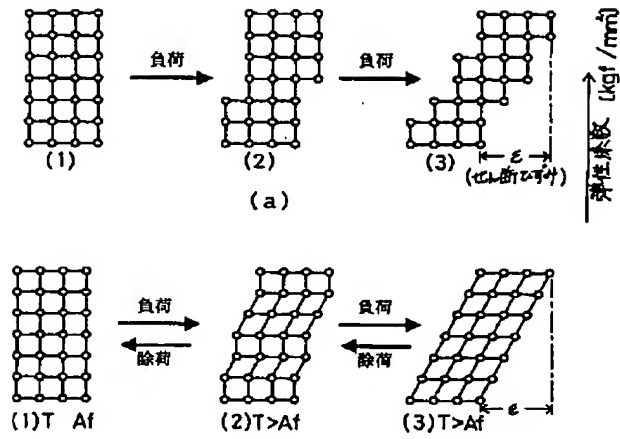
【図7】



【图8】



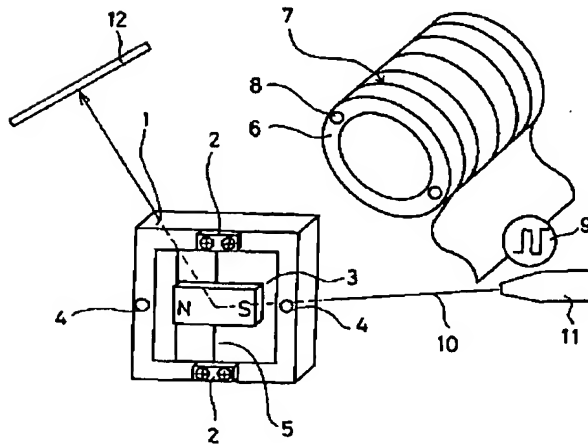
【図4】



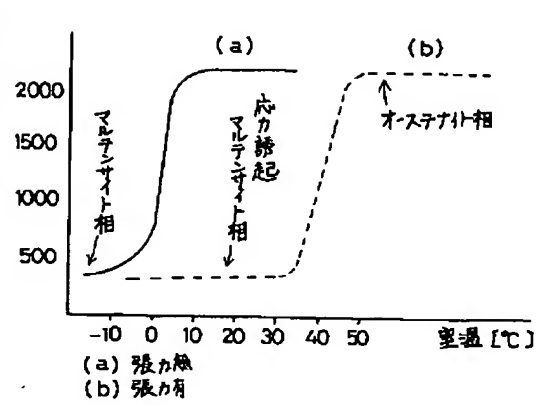
T: 室温
 A_f : 変態終了温度
 (1): 母相
 (2),(3): マルテンサイト相

(b)

【図10】



【図6】



【図11】

